Atalanta, Bd. X, Heft 4b, Dezember 1979, Würzburg, ISSN 0171-0079

Ökologische Beobachtungen in Porto Alegre (Rio Grande do Sul/Brasilien) Ein Beitrag zur urbanen Ökosystemforschung in den südamerikanischen Subtropen [1)2)3)]

von

JOSEF GOERGEN und HARTMUT STEINIGER

Die Millionenstadt Porto Alegre, die Hauptstadt des südlichsten brasilianischen Bundesstaates Rio Grande do Sul, liegt im westlichen Bereich der zentralen Depression, die sich über die Lagoa dos Patos hinweg weithin zum Atlantik öffnet, und nur wenige Kilometer südlich des Steilabfalles der Serra Geral. Die Hafenstadt ist am Guaiba gelegen, der die von Osten kommenden Flüsse über ein Deltasystem aufnimmt und die Verbindung zur Lagoa dos Patos herstellt. Die Entfernung zum Atlantik beträgt Luftlinie knapp 100 km. Diese topographische Lage bedingt die besonderen Klimaverhältnisse, insbesondere die Windverhältnisse und die daraus resultierende gute Ventilation des Gebietes. Das relativ deutlich ausgeprägte Jahreszeitenklima bewegt sich im langjährigen Mittel zwischen 15°C und 25°C, die Minimumtemperaturen können nahe dem Nullpunkt, die Maxima bei über 40°C liegen. Bemerkenswert ist die fast ständig herrschende, außerordentlich hohe Luftfeuchte. Die Stadt ist nach iberischem Muster in Schachbrettform angelegt und breitet sich über eine Fläche von mehr als 500 km^2 aus. Die Höhenunterschiede innerhalb der Stadt bewegen sich zwischen 4 und etwa 150 m NN.

Größere Industriekomplexe als potentielle Emittenten finden sich lediglich an der landeinwärts gelegenen Peripherie der Stadt. Der Immissionstyp von Porto Alegre wird in erster Linie vom Kraftfahrzeugverkehr geprägt. Durch Hausbrand entstehende Belastung fällt nicht ins Gewicht, da private wie öffentliche Heizungsanlagen fehlen.

Im Folgenden wird ein Ansatz zur ökologischen Raumbewertung mit Hilfe von Bioindikatoren entworfen. Die Untersuchung der ökologischen Verhältnisse im Stadtgebiet anhand ausgewählter tierischer und pflanzlicher Organismengruppen bedingt eine Gliederung in zwei Teilbereiche, die sich in ihrem Informationsgehalt weitgehend entsprechen.

---

1) Die laufenden Arbeiten werden durch Mittel der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/Eschborn im Rahmen eines Partnerschaftsabkommens zwischen den Universitäten Porto Alegre (UFRGS) und Saarbrücken ermöglicht.

2) Wir danken den Koordinatoren des Projektes, Herrn Prof. Dr. TUISCON DICK und Herrn Prof. Dr. PAUL MÜLLER für ihr Entgegenkommen und ihr stetes Interesse am Fortgang der Arbeiten.

3) Eingegangen am 28.VI.1979

I. Epiphytenkartierung:

Zur Charakterisierung ökologischer Bedingungen in urbanen Systemen werden in den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel mit mehr oder minder gutem Erfolg vor allem epiphytische Flechten und Moose herangezogen. Ihre Eignung als Bioindikatoren beruht naturgemäß auf der Kenntnis der autökologischen Verhältnisse, insbesondere der der bevorzugten Arten wie *Hypogymnia physodes*.

Im subtropischen Bereich Südamerikas ist das Problem der Raumbewertung mit Hilfe von Epiphyten wesentlich schwieriger und komplexer, weil über corticole Flechten und Moose hinaus zahlreiche Gefäßpflanzenarten aus den unterschiedlichsten Sippen wie Farne, Orchideen, Bromelien oder Kakteen durchaus häufig sind, und darüber hinaus autökologische Untersuchungen der einzelnen Arten kaum vorliegen. Da es sich bei den für Epiphyten in Frage kommenden Standorten mannigfaltiger abiotischer und biotischer Wirkungsgefüge in aller Regel um Extremstandorte handelt, kann die „Faustregel" gelten, daß Epiphyten ganz allgemein gute Bioindikatoreigenschaften aufweisen (WALTER, 1973). Folgerichtig bietet sich für die Beschreibung und Bewertung urbaner Systeme auch hier als erster Schritt die Kartierung von Epiphyten an.

Zu diesem Zweck wurde aus der Beobachtung der lokalen Situation heraus ein erster Erhebungsbogen entwickelt, der sicher nicht den Anspruch auf Vollständigkeit aller in Frage kommenden Ökofaktoren erheben kann, die Vorkommen und Verteilung von Epiphyten bzw. Epiphytengesellschaften in diesem urbanen System bedingen. Wesentliches Kriterium für die Anlage eines derartigen Erhebungsbogens ist die Forderung nach Gleichmäßigkeit, um damit die Vergleichbarkeit der Aussagen sicherzustellen und um das Aufkommen artifizieller Aussagen zu vermeiden. Die Intensität der Bearbeitung von Einzelflächen tritt somit zunächst in den Hintergrund. Ist zudem zur Bearbeitung nur eine begrenzte Zeitspanne gegeben, ist eine gleichmäßige, wenn auch mehr preliminare und mehr oberflächliche Erhebung einer punktuellen, aber intensiven und sehr differenzierten Bearbeitung unseres Erachtens vorzuziehen. Auf diesem Wege wird also eine großflächige und vergleichbare Information über die Stadt Porto Alegre angestrebt.

Erste Ergebnisse der Epiphytenkartierung lassen mit hoher Wahrscheinlichkeit vermuten, daß es im Stadtgebiet von Porto Alegre kaum größere Flächen gibt, in denen keine Epiphyten vorkommen, immer vorausgesetzt, daß geeignete Phorophyten vorhanden sind. So trivial diese Voraussetzung ist, sie soll nicht unerwähnt bleiben, denn es kann bei der kartographischen Darstellung des Verteilungsmusters von Epiphyten in einem städtischen System sehr leicht der Eindruck epiphytenarmer oder epiphytenfreier Zonen entstehen, ganz einfach deswegen, weil die entsprechenden Trägerpflanzen fehlen. In Porto Alegre beispielsweise wurden mitunter in Straßen mit besonders hohem Verkehrsaufkommen im Zuge der Fahrbahnerweiterung die Straßenbäume dem Verkehr geopfert.
Ein Blick auf Ziegeldächer und Mauern mit ihrem fast stets vorhandenen Moos-

Die einzelnen Punkte des Erhebungsbogens für die Epiphytenkartierung im Stadtgebiet von Porto Alegre

1	Nummer
2	Datum
3	Bearbeiter
4	Lokalisierung
4.1	Stadtviertel
4.1.1	Kurzbeschreibung
4.1.2	Historische Erschließung
4.2.	Straße
4.2.1	Richtungsverlauf
4.2.2	Straßenabschnitt (Nr.)
4.2.3	Höhe N.N.
4.2.4	Neigung
4.2.5	Exposition
4.2.6	Straßenbeschaffenheit
4.2.6.1	Asphalt
4.2.6.2	Pflaster
4.2.6.3	Piste
4.2.6.4	Breite
4.2.7	Sozio-Ökonomische Struktur
4.2.7.1	Funktion
4.2.7.2	Wohnhäuser
4.2.7.3	Geschäfte
4.2.7.4	Bureaus
4.2.7.5	Industrie
4.2.7.6	Gewerbe
4.2.8	Parkanlagen
4.2.9	Sonstige Freiflächen
4.2.10	Wasserflächen
4.2.11	Beschattung
4.2.12	Ventilation u. Windverhältnisse
4.2.13	Verkehr
4.2.14	Lage zum Zentrum/Peripherie
4.2.15	Flußnähe/Flußferne
4.2.16	Wasserläufe
4.2.17	Beschaffenheit der Häuser
4.2.17.1	Holz
4.2.17.2	Stein und Verputz
4.2.17.3	Beton und Glas
4.2.17.4	Sonstiges
4.2.18	Haushöhe
4.2.19	Beschaffenheit der Dächer
4.2.20	Alter der Baulichkeiten
4.2.21	Bewuchs von Dächern
4.2.22	Bewuchs von Mauern
4.2.23	Vorgärten
4.2.24	Sonstige Gärten
4.2.25	Menge der Straßenbäume
4.2.26	Verhältnisse am Boden
4.2.26.1	Rohbodenanteil
4.2.26.1.1	Nackt
4.2.26.1.2	Bewuchs
4.2.26.1.2.1	Rasen
4.2.26.1.2.2	Ruderalflächen
4.2.26.2	Sonstiges
4.2.27	Bemerkung
5	Phorophyten
5.1	Art
5.2	Familie
5.3	Herkunft
5.4	Wuchsform
5.5	Belaubungsdichte
5.6	Phänologie
5.7	Alter (evtl. geschätzt)
5.8	Höhe
5.9	Durchmesser in Brusthöhe
5.10	Vitalität
5.11	Rindenstruktur
5.12	Rinden-PH
5.13	Behandlung
5.13.1	gekalkt
5.13.3	beschnitten
5.14	Verhältnisse am Baumfuß (ca. 100 m^2)
5.15	Sonstiges
5.16	Bemerkung
6.	Epiphyten
6.1	Algenanflug
6.2	Pilze
6.3	Flechten
6.4	Moose
6.5	Farne
6.6	Bromelien
6.7	Cacteen
6.8	Orchideen
6.9	Loranthaceen
6.10	Sonstige
6.11	Bemerkung
7	Biozönologische Angaben
7.1	Vögel
7.2	Nester
7.3	Lepidopteren
7.4	Auffällige Insekten
7.5	Sonstige
7.6	Bemerkung

und Flechtenbewuchs bringt den Beobachter jedoch sehr rasch zu der Annahme möglicher Epiphytenvegetation, sofern nur die Bäume vorhanden wären. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel dafür bietet ein altes,unter Schutz gestelltes Exemplar von *Chorisia speciosa* in der Avenida Siqueira Campos, einer der wichtigsten Verkehrsadern im Stadtzentrum. Dieser auffällige Kapokbaum in der ansonsten fast baumfreien Hauptverkehrsstraße trägt eine stellenweise bis 100 % ast- und stammdeckende Epiphytenvegetation aus Moosen, Flechten, Bromelien, Kakteen und vor allem Farnen, darunter neben anderen ausgesprochene Waldarten wie *Polypodium squamulosum* und *P. vaccinifolium*, die im übrigen auch sonst stadtweit reichlich vertreten sind.

Bei der Epiphytenkartierung im Stadtgebiet ist weiterhin zu berücksichtigen, daß sich sowohl hinsichtlich der Artenmannigfaltigkeit als auch der Abundanz der epiphytischen Arten die Phorophytenarten zum Teil beträchtlich unterscheiden. Unter den als Straßenbäume angepflanzten häufigeren Arten wie *Ligustrum japonicum, Paulownia tomentosa, Schizolobium paraybum, Poinciana regia, Enterolobium contortosiliquum, Ficus elastica* und *Ficus religiosa, Hovenia dulcis, Brachychitum populneum, Tabebuia ipe* und *Tabebuia pulcherrima, Tipuana tipu, Cassia fistulosa* u.a.m. sind es vor allem *Melia azedarach* und *Jacaranda mimosaefolia*, die für die Epiphytenvegetation ein besonders geeignetes Substrat abgeben und darüber hinaus allenthalben vorkommen, so daß ein Kataster dieser beiden Arten am ehesten eine vergleichbare Epiphytenkartierung gewährleistet, allerdings mit der wichtigen Einschränkung, daß auch hier u.a. das Alter der Bäume und damit die Rindenstruktur weitere deutliche Unterschiede der Epiphytenvegetation bedingen. In gleichem Zusammenhang sind Baumarten von besonderem Interesse, die sich im Stadtgebiet als Reste der ehemaligen Waldvegetation halten konnten und mehr oder minder häufig sind wie beispielsweise *Erythrina crista-galli, Ficus subtriplinervia, Cedrela fissilis* oder *Arecastrum romanzoffianum.*

Die Epiphytenkartierung spiegelt neben der zu erwartenden Belastungssituation bestimmter Stadtbereiche, die beim aktuellen Untersuchungsstand natürlich noch nicht zu bewerten ist, vor allem auch die Geländestruktur im Stadtgebiet wider. Artenmannigfaltigkeit, Frequenz und Artmächtigkeit der Epiphyten verändern sich signifikant mit der jeweiligen Höhenlage. Kommen bereits die geometrische Anlage, besonders aber die windoffene Gesamtlage der Stadt mit ihren durchaus günstigen Ventilationsverhältnissen, die ständig herrschende sehr hohe Luftfeuchte und die allgemeine Frostfreiheit dem Aufkommen einer reichen Epiphytenvegetation entgegen, so werden diese Effekte mit zunehmender Höhenlage nachdrücklich verstärkt. Bei der Kartierung der Epiphyten heben sich so die Stadtviertel auffällig ab, die auf den Hügeln gelegen sind. Wie kaum anders zu erwarten, weisen der optische Eindruck von Baulichkeiten, Gartenanlagen und anderen Merkmalen der sozio-ökonomischen Struktur und die Masse der unterschiedlichsten Epiphyten diese Gebiete als bevorzugte Wohngebiete aus. Hier finden sich nicht selten sogar extrem atmosphärische Epiphyten wie *Usnea*-Arten unter den Flechten und *Tillandsia usneoides* unter den Bromelien, die bekanntlich

auf eine besondere Gunst des standörtlichen Mikroklimas angewiesen sind.

II. Lepidopterenkartierung:

Parallel zu den Aufnahmen von Epiphyten werden tagaktive Lepidopteren kartiert. Die Buntheit und Größe der meisten Arten ermöglicht in der Regel eine sofortige Ansprache mit bewaffnetem und unbewaffnetem Auge. Auf gleiche Weise lassen sich bei geschlechtsdimorphen Arten nicht selten sogar in Annäherung die Geschlechterverhältnisse ermitteln; so beispielsweise bei Arten der Gattung *Phoebis* (Pieridae) und *Papilio* (Papilionidae). Lediglich Lycaeniden, Hesperiiden und Riodiniden erfordern eine genaue Bestimmung, die nur nach Präparation ermöglicht wird. Da über die Biologie dieser Gruppe zur Zeit wenig bekannt ist, werden zunächst nur Arten der folgenden Familien erfaßt: Papilionidae, Pieridae, Satyridae, Brassolidae, Nymphalidae, Heliconiidae, Ithomiidae, Danaidae. Neben der genauen Lokalisierung der Flugorte in den einzelnen Straßenzügen, soll auch die Abundanz ermittelt werden, um so neben der rein qualitativen Aussage auch eine quantitative Information zu erarbeiten. Um das Vorkommen der Lepidopteren-Imagines mit den ökologischen Standortbedingungen in der Stadt in Korrelation zu bringen, bietet sich eine einfache Nahrungsketten-Analyse an, und zwar mit Hilfe derjenigen Arten, deren Futterpflanzen aus der Literatur (z.B. BIEZANKO, 1958, 1959; BIEZANKO et al., 1974; MABILDE, 1896) beziehungsweise aus eigenen Beobachtungen bekannt sind.

Für das Vorkommen und die Häufigkeit der Rhopaloceren-Imagines müssen unter anderem zwei wichtige Grundvoraussetzungen erfüllt sein:

(1) Für die Imagines muß ein reichliches Blütenangebot vorhanden sein
(2) Für die Entwicklung der Präimaginalstadien müssen geeignete Futterpflanzen vorhanden sein.

Für die Millionenstadt Porto Alegre gilt, daß — bedingt durch die aufgelockerte Bauweise mit vielen privaten Gärten und städtischen Parkanlagen — überall und zu jeder Jahreszeit offensichtlich stets ein ausreichendes Angebot an geeigneten, nektarhaltigen Blüten vorhanden ist. Bei den bisher beobachteten Arten kommt es bezüglich der Futterpflanzen der Imagines zu keiner ausgeprägten Monophagie. Im Gegensatz hierzu sind die Raupen der meisten, im Stadtgebiet von Porto Alegre registrierten Lepidopteren-Arten mehr oder weniger streng monophag, und zwar entweder in Bezug auf einzelne Pflanzenarten oder bestimmte Gattungen. So fressen die vorgefundenen *Phoebis*-Arten (Pieridae) nahezu ausschließlich an *Cassia*-Arten (Caesalpinaceae); alle fünf bisher beobachteten Heliconiiden (*Heliconius phyllis, Agraulis vanillae, Dione juno, Dryas julia* und *Philaetria dido*) fressen ausschließlich an *Passiflora coerulea* und *Passiflora quadrangularis* (Passifloraceae); die Raupen der *Battus*-Arten wie z.B. *B. polystictus* (Papilionidae) leben wohl nur an *Aristolochia fimbriata* (Aristolochiaceae). Diese Liste läßt sich ohne Schwierigkeiten erweitern. Nur ganz wenige der vorkommenden Arten sind Kulturfolger, so beispielsweise die überall häufige *Ascia monuste* (Pieridae), die an verschiedenen *Brassica*-Arten frißt und hier die palaearktischen Pieriden-Arten

Pieris brassicae und *P. rapae* zu vertreten scheint.

Es kann angenommen werden, daß der größte Teil der beobachteten, sehr spezialisierten Arten sehr eng begrenzte Habitate bewohnt. Das trifft besonders für die sehr schwerfällig fliegenden Arten aus der Familie der Ithomiiden oder aus der Gattung *Heliconius* zu. Aber auch die schnell fliegenden Arten bewiesen im bisherigen Beobachtungszeitraum Standorttreue. So konnte beispielsweise ein Individuum von *Papilio scamander* (Papilionidae) mehrere Tage hintereinander beobachtet werden, wie es in der Nähe der verkehrsreichen Avenida Cristovao Colombo immer denselben Ast einer *Melia azederach* zum Ausruhen und Sonnen anflog. Selbst der dem nordamerikanischen Wanderfalter *Danaus plexippus* nahe verwandte *Danaus erippus* zeigte sich standorttreu. Ein markiertes Exemplar konnte über eine Woche am gleichen Standort in der Rua Marquês de Pombal gesehen werden. Mehrfach wurden auch Balzflüge und Copulae von Papilioniden und Pieriden registriert. Das bedeutet, daß — abgesehen von einem wohl ständigen Zuflug einzelner Individuen in die Stadt von der Peripherie her — in der Tat die meisten der beobachteten Falter auch in der Stadt zur Entwicklung gelangt sein müssen; das heißt, daß die Eiablage der Weibchen an den speziellen Futterpflanzen erfolgt sein muß. Dies weist ferner darauf hin, daß diese oben zum Teil erwähnten Futterpflanzen auch tatsächlich mitten in der Millionenstadt Porto Alegre vorhanden sein müssen, und zwar in so ausreichendem Maße, daß sich die entsprechenden Lepidopteren-Populationen über mehrere Generationen fortpflanzen und über lange Zeiträume erhalten können. Eine noch zu erstellende Karte über die Verteilung und Dichte der einzelnen Arten muß sich daher folgerichtig ungefähr mit der Verteilung und Dichte der verschiedenen Futterpflanzen decken. Das Erstaunliche dabei ist nun, daß die meisten Futterpflanzen (Acanthaceae, Aristolochiaceae, Asclepiadaceae, Caesalpinaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Passifloraceae etc.) Bestandteile der ursprünglichen und realen und voraussichtlich der potentiellen natürlichen Vegetation des Stadtgebietes sind. Das heißt, es hat für die meisten Lepidopteren-Arten — von den wenigen Kulturfolgern abgesehen, deren Arten- und Individuenzahl prozentual gering ist — keine Entwicklung zur vollständigen Synanthropie stattgefunden, wie es beispielsweise für die Insektenfauna europäischer Großstädte zuzutreffen scheint (z.B. SCHWEIGER, 1962; WEIDNER, 1952).

Zusammenfassung:

Die ökologischen Bedingungen im Stadtbereich von Porto Alegre scheinen denen des Umlandes noch weitgehend zu entsprechen. So kommt es, daß nach den ersten Beobachtungen keine ausgesprochene Stadtfauna und -flora gegeben zu sein scheint, sondern daß sich hinsichtlich Abundanz und Artenmannigfaltigkeit zumindest ein stabiler Rest der ursprünglichen Biozönosen erhalten konnte. Ohne den Ergebnissen eingehender Untersuchungen vorgreifen zu wollen, möchten wir als Arbeitshypothese — wenn auch sicher überspitzt ausgedrückt — andeuten, daß es sich im Fall der Stadt Porto Alegre eher um einen „Restwald mit

Häusern" als um eine „Stadt mit Bäumen" handelt, wie es beispielsweise in Mitteleuropa die Regel ist. Dies soll jedoch nicht bedeuten, daß die Stadt unbelastet wäre, was künftige, längerfristige Untersuchungen mit hoher Wahrscheinlichkeit belegen werden. Es soll lediglich zum Ausdruck gebracht werden, daß Grundcharakter, Belastung und Belastungsfähigkeit dieser subtropischen Stadt offenbar andere sind, als die mitteleuropäischer Städte. Wir sind der Meinung, daß die spezifischen ökologischen Vorgaben der Stadt Porto Alegre auch entsprechende methodische Ansätze für die urbane Ökosystemforschung erfordern.

Literatur

BIENZANKO, C.M. (1958): Pieridae da zona sueste do Rio Grande do Sul (Contribuicao ao conhecimento da fisiografia do Rio Grande do Sul). Arqu. Entomol., Esc. Agron. E. Maciel, Pelotas, serie A, I-b: 1-15.

— (1959): Papilionidae da zona missioneira (Contribuicao ao conhecimento da fisiografia do Rio Grande do Sul). Arqu. Entomol., Esc. Agron. E. Maciel, Pelotas, serie B, I-a: 1-12.

BIEZANKO, C.M., RUFFINELLI, A. & D. LINK (1974): Plantas y otras sustancias alimenticias de las orugas de los lepidopteros uruguayos. Rev. Centro Ciencias Rurais, Santa Maria, **4**: 107-148.

MABILDE, A.P. (1896): Borboletas do Estado do Rio Grande do Sul. — Porto Alegre, 240 pp.

SCHWEIGER, H. (1962): Die Insektenfauna des Wiener Stadtgebietes als Beispiel einer kontinentalen Großstadtfauna. — XI. Int. Kongr. Entomol., **3**: 184-193.

WALTER, H. (1973): Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung, Band, II: Die tropischen und subtropischen Zonen. 3. Auflage. — Stuttgart, 743 pp.

WEIDNER, H. (1952): Die Insekten der Kulturwüste. — Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst., **51**: 90-166.

Anschrift der Verfasser:

Dr. JOSEF GOERGEN und Dr. HARTMUT STEINIGER
Zur Zeit: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Biociencias — NIDECO
Av. Paulo Gama 40
90 000 Porto Alegre (RS) — Brasil